

PAT-NO: JP362104117A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 62104117 A /
TITLE: MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR THIN FILM

PUBN-DATE: May 14, 1987

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
YUKI, MASAKI	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ASAHI GLASS CO LTD	N/A

APPL-NO: JP60242890

APPL-DATE: October 31, 1985

INT-CL (IPC): H01L021/20 , H01L021/263 , H01L029/78

US-CL-CURRENT: 117/43 , 438/FOR.334

ABSTRACT:

PURPOSE: To contrive the lowering of a process temperature by determining a scanning velocity at a beam spot diameter \times 5,000/sec or above when an amorphous semiconductor thin film is irradiated with laser beams such as Cw Ar laser beams by scanning.

CONSTITUTION: On a substrate 4 made of soda-lime glass, a silicon oxide film 3 is deposited to 2,000 \AA ; at 350°C of substrate temperature by plasma CVD technique using SiH₄ and N₂O as material gases.

Subsequently, an amorphous silicon film 2 is deposited to 3,000Å; at the same substrate temperature 350°C by using SiH₄ as a material gas. Next, this amorphous silicon film is irradiated with CW Ar laser beams 1 by scanning. The diameter of a beam spot is 100µm and the scanning velocity 1.2m/sec (beam spot diameter × 12,000/sec) and laser power 9W. The diameter of a crystal grain of the obtained polysilicon film 5 is 0.2~3.0µm and the amorphous silicon film which is dark red and almost opaque at that time becomes to show a light yellow color and an almost transparent state by the scanning irradiation with the laser beams.

COPYRIGHT: (C)1987,JPO&Japio

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-104117

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)5月14日

H 01 L 21/20
21/263
29/78

7739-5F

8422-5F 審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 半導体薄膜の製造方法

⑯ 特 願 昭60-242890

⑰ 出 願 昭60(1985)10月31日

⑱ 発 明 者 結 城 正 記 秦野市南矢名1668-6

⑲ 出 願 人 旭硝子株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

⑳ 代 理 人 弁理士 梅村 繁郎

明 細 書

1. 発明の名称

半導体薄膜の製造方法

2. 特許請求の範囲

- (1) 絶縁性基板上に非晶質半導体薄膜を形成し、レーザービームを走査照射することにより、該非晶質半導体薄膜を多結晶半導体膜となす半導体薄膜の製造方法において、レーザービームの走査速度をビームスポット径×5000/秒以上として完全な熔融状態に至らしめることなく結晶化させることを特徴とする半導体薄膜の製造方法。
- (2) 非晶質半導体薄膜が非晶質シリコン薄膜である特許請求の範囲第1項記載の半導体薄膜の製造方法。
- (3) 非晶質半導体薄膜の膜厚を4000Å以下とする特許請求の範囲第1項又は第2項記載の半導体薄膜の製造方法。
- (4) レーザービームの波長が20000~1000Åで

ある特許請求の範囲第1項又は第2項記載の半導体薄膜の製造方法。

(5) レーザービームがCW Arレーザーである特許請求の範囲第4項記載の半導体薄膜製造方法。

(6) 絶縁性基板がガラス基板である特許請求の範囲第1項記載の半導体薄膜製造方法。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は絶縁性基板上の薄膜トランジスタ等の製造に用いられる半導体薄膜の製造方法に関するものである。

〔従来の技術〕

ガラス基板等の絶縁性基板上に形成された薄膜トランジスタ(TFT)は、液晶やエレクトロルミネッセンス等を用いた平面ディスプレイ装置に用いられているアクティブマトリクスとして有望視されている。この薄膜トランジスタを形成するための絶縁性基板上の半導体薄膜として、従来、非晶質シリコン膜を用いる方法、及

び多結晶シリコン膜を用いる方法が提案されている。

第1の非晶質シリコン膜を用いる方法では、プラズマCVD法等によって、膜の堆積温度が一般に300℃以下で行われ、トランジスタ形成のプロセス全般の温度も含めて低温プロセスであることによって、耐熱温度の高くない安価なガラス基板が使える、さらに堆積装置も大型化し易いので、アクティブマトリクスとしての基板の大型化が容易であるとして、有力な方法とされている。しかし、非晶質シリコン膜では膜の導電率が小さいのでアクティブマトリクスとして十分なトランジスタのオン電流を得る為に、トランジスタ寸法を大きくする必要があり、信頼性や画素の開口率の低下を招くという欠点を有するし、又キャリア移動度が低い為に、トランジスタの動作速度が遅く、アクティブマトリクスとして制御画素数に限界があること及びアクティブマトリクスの周辺走査回路を同一基板上に形成できないという欠点を有している。さ

いるガラス基板は、通常のソーダライムガラスより耐熱温度の高い石英ガラス等の高価なガラス基板材料を必要とする。又、この温度域での減圧CVD法やプラズマCVD法の膜形成装置は、より低温域での非晶質シリコン膜用のプラズマCVD装置等に比較して大型化が難しく基板サイズの大型化への対応が非常に困難である。又別の多結晶シリコン膜形成法として分子線蒸着法も提案されているが、550℃程度のや、低い基板温度が可能であるが、基板サイズの大型化への対応の点では前述の形成法よりもさらに困難となり、又より高価な装置となる。

以上の様に従来の多結晶シリコン膜形成法では形成温度と使えるガラス基板の耐熱温度及び基板サイズの大型化への対応の可能性の面で大きな欠点を有していた。

又、前述の如き欠点を解決する方法として絶縁膜上に形成した非晶質シリコン膜にCW Arレーザービームを照射し、多結晶シリコン膜となす方法が提案されている。(Applied Physics

Letters, vol.38 (1981), No.8, pp 813-815)

らに、非晶質シリコン膜では光導電性が大きい為に、トランジスタのオフ時に光電流が発生し、光照射下では電流のオン・オフ比が著しく低下するという欠点も存在している。

これらの欠点に対して、第2の多結晶シリコン膜を用いる方法が提案されている。多結晶シリコン膜は通常減圧CVD法により形成され、膜物性として、非晶質シリコン膜と比較して導電率、キャリア移動度は1桁以上大きく、光導電性が小さいので、より高性能で高信頼のアクティブマトリクスの形成が可能で、前記の非晶質シリコン膜を用いた場合の欠点を解決する方法として精力的に検討がなされている。

[発明の解決しようとする問題点]

従来、ガラス基板上への多結晶シリコン膜形成法は、減圧CVD法やプラズマCVD法が用いられている。

しかし、これらの形成法では形成時の基板温度が600℃以上必要であり、それより低温度では非晶質シリコン膜しか得られない。従って用

Letters, vol.38 (1981), No.8, pp 813-815)

この場合でも前記非晶質シリコン膜の形成温度を500℃以上とする必要があり、プロセス温度として500℃以上を必要とするという大きな欠点を有していた。

[問題を解決するための手段]

本発明は、従来の絶縁性基板への多結晶半導体薄膜形成法が持つ前述の問題点を解決すべくなされたものであり、絶縁性基板上に非晶質半導体薄膜を形成し、レーザービームを走査照射することにより、該非晶質半導体薄膜を多結晶半導体膜となす半導体薄膜の製造方法において、レーザービームの走査速度をビームスポット径×5000/秒以上として完全な熔融状態に至らしめることなく結晶化させることを特徴とする半導体薄膜の製造方法である。

本発明の構成においては、まず、ガラス基板、セラミック基板等の絶縁性基板上にプラズマCVD法或は光CVD法、減圧CVD法、電子ビーム蒸着法等の方法によって、非晶質シリ

コン膜に代表される非晶質半導体薄膜を堆積する。この時の堆積膜厚は4000Å～100Åとすることが好ましい。一般に、 SiH_4 、 Si_2H_6 等の水素化合物を原料ガスとしたプラズマCVD法や光CVD法による非晶質半導体薄膜の形成においては基板温度が低い場合、著しく多量の水素が非晶質半導体薄膜中に取り込まれるが、レーザービームの照射によって該非晶質半導体薄膜が結晶化する際この水素がガス化して噴出し、安定な結晶化を妨げるので、基板温度は300℃以上とする代りに、非晶質シリコン膜を形成後350℃程度の温度で不活性ガス雰囲気中又は真空中で保持すること等により、脱水素処理を行ってもよい。

このとき、非晶質シリコン膜等の非晶質半導体薄膜の堆積膜厚を4000Å以下とすることが好ましい理由を説明する。4000Åを超える膜厚では、後に行うレーザービーム照射の際、膜中に含まれていた水素のガス状噴出の影響が強く、得られる多結晶半導体薄膜に、キレツ、ボイ

より充分大きくしておくことが好ましいが、大きくするにつれ必要なレーザー光源のパワーも増大する為、通常は30～200μmが選ばれる。

本発明では、レーザービームの走査速度をビームスポット径×5000/秒以上に選ぶ。これにより非晶質半導体薄膜は、完全な熔融状態に至ることなく結晶化し、多結晶半導体薄膜とすることができる。

本発明で使用されるレーザービームは波長20000Å～1000Å程度の連続発振レーザーによるものがあり、例えばYAGレーザー、He-Neレーザー、アレキサンドライトレーザー、Arレーザー、Krレーザー及びこれらの高周波レーザー、色素レーザー、エキシマーレーザー等が使用できる。中でも可視光域から紫外域のレーザーが好ましい。

このレーザービームの走査速度は前述の如くビームスポット径×5000/秒以上とされ、通常最大でもビームスポット径×500000/秒以下と

ド、さらに剥離等が発生しやすいので堆積温度を500℃以上とすることでこれを防ぐ必要がある。これに対し膜厚4000Å以下では、堆積温度を500℃以上とする必要はなく、かつレーザーのパワーの許容範囲が広がるからである。なお、この非晶質半導体薄膜は100Å未満ではTF化が困難であり、100Å以上の厚膜とすることが好ましい。

よって、非晶質半導体薄膜の膜厚は4000Å以下で適宜定めることが好ましいが、通常2000～3000Å程度とされればよい。

又、該非晶質半導体薄膜を形成する際、前もって絶縁性基板上に酸化シリコン膜や窒化シリコン膜等の絶縁膜を、堆積しておいてもよい。

又、非晶質半導体薄膜は、予め島状にパターニングしてあってもよい。次いで、この非晶質半導体薄膜にレーザービームを走査照射する。レーザービームのスポット径は、適宜定めれば良いが、後に形成するトランジスタの短辺寸法

される。なお、具体的には40μm/秒以下とされることが好ましい。これにより、非晶質半導体薄膜は完全な熔融状態に至ることなく結晶化し、多結晶半導体薄膜とすることができる。

以下、その理由をレーザービームを走査照射するときの非晶質半導体薄膜の変化とその時のレーザーパワーとの関係から説明する。まず、或る走査速度において照射レーザーパワーを充分に小さい値から増加させるとき、非晶質半導体薄膜が結晶化を示し始めて多結晶半導体薄膜となる第1のレーザーパワー閾値が現れる。この完全な熔融状態を経ないでの結晶化については後で詳しく説明する。さらにレーザーパワーを増加させると、ついに半導体薄膜が熔融状態に至り、第2のレーザーパワー閾値が見い出される。安定して多結晶半導体薄膜とする為に、この第1、第2の両レーザーパワー閾値の間で照射レーザーパワーを選択する必要がある。しかし、走査速度が遅い場合、この両レーザーパワー閾値の間隔が小さくなり、さらに遅くした

場合については両閾値間に、安定して多結晶半導体薄膜となすのに適したレーザーパワーの設定マージンが存在しなくなる。これに対し、走査速度が遅い場合、遅い場合に比較してレーザーパワーの閾値は共に増加し同時に間隔は開き、レーザーパワーの設定マージンが広がる。ここで、走査速度の望ましい範囲がビームスポット径との関係で存在する理由は、ビームスポット径より充分に小さい被照射部分について見ると、或る走査速度の場合照射時間がビームスポット径に比例し、照射エネルギーがこの照射時間にほぼ比例するという関係にあるからである。以上の理由から、走査速度は、ビームスポット径 $\times 5000$ /秒とされる。

これによって、非晶質半導体薄膜は完全な熔融状態に至ることなく結晶化し、極く短時間のうちに、多結晶半導体薄膜となることが出来、耐熱温度の低い安価なガラス基板の使用が可能であり、かつ、基板サイズの大形化も容易に対応可能となる。

持する方法等が行われている。前者は、再固化の速度が速くても $10\text{cm}/\text{秒}$ 以下と一般に遅く限られ、かつ、融点以上の高温度を要する。後者の方法では、保持温度が融点より下がるにつれ、非常な長時間の処理例えば100時間以上を要する。

これに対し、非晶質半導体薄膜にレーザー光を照射する場合、非晶質半導体薄膜に特有な光誘起構造変化及び固相での結晶化及びこの時の結晶化熱の発生等の現象が存在し、これ等の結果、完全な熔融状態を経ることなく、高速度での結晶化が可能となるものであり、本発明ではこの現象を利用して低温高速の結晶化を可能としている。

【作用】

本発明は、ガラス基板等の絶縁性基板上に形成した非晶質シリコン膜等の非晶質半導体薄膜へ CW Ar レーザービーム等のレーザービームを走査照射することにより、完全な熔融状態を経ることなく多晶質シリコン膜等の多結晶半導体

なお、非晶質シリコン膜にレーザービームを走査照射する際、非晶質半導体薄膜上に予め酸化シリコン膜や窒化シリコン膜等の絶縁膜を形成し、レーザービームの反射防止膜或は表面保護膜として用いても良い。

本発明でいう非晶質半導体薄膜とは狭義の意味で、完全な非晶質構造を有するものだけではなく、粒径が 50nm 未満の微細な結晶粒子が含まれるいわゆる微結晶半導体薄膜をも含むものである。本発明の非晶質半導体薄膜としては非晶質シリコン膜が最適なものであるが非晶質ゲルマニウム等の他の非晶質半導体薄膜にも適用できる。又、本発明でいうビームスポット径は、照射面においてレーザーパワーの約87%以上が内包される径をさす。

前述の非晶質半導体薄膜が、完全な熔融状態を経ないで結晶化することについて説明する。

一般にエネルギーを与えて結晶化又は結晶粒成長を起させる場合、熔融させた後再固化させる方法又は、融点以下の高温で非常に長時間保

持膜とすることが可能であり、その時の絶縁性基板温度は平均的にはほとんど上昇せず、部分的かつ瞬間的にも半導体材料の熔融温度よりはるかに低く、さらに物性値として定義されている非晶質半導体薄膜いわゆる結晶化温度よりも充分低い温度に止まるため耐熱性の低い絶縁性基板が使用できる。

さらに前記非晶質半導体薄膜の膜厚を 4000\AA 以下としておくことにより、堆積温度が 500°C 未満であっても、レーザービーム照射時の水素のガス状噴出によるキレツ、ボイド、割離等の欠陥の発生を容易に防ぐことが出来る。

又、本発明における非晶質半導体薄膜の結晶化速度は、一般にレーザーアニール法と呼ばれる方法に見られる熔融状態から固相再結晶化する場合に比較して非常に速く、レーザービームを走査照射する走査速度をビームスポット径 $\times 5000$ /秒以上にしても結晶化させることが可能であり、低温でかつ高速で結晶化させることができる。又、この様な走査速度において、安定

に多結晶半導体薄膜とすることができるレーザーパワーの設定マージンが充分広く取れるという利点も有する。

本発明は非晶質半導体薄膜として非晶質シリコン膜への適用が最も適しているが、非晶質ゲルマニウム膜等の他の非晶質半導体薄膜に適用してもよいことはもちろんである。

[実施例]

実施例 1

ソーダライムガラスからなる基板上に、 SiH_4 及び H_2O の原料ガスを用いてプラズマ CVD 法により、基板温度 350℃で酸化シリコン膜 (SiO_2) を 2000Å 堆積し、これに連続して SiH_4 ガスを原料として同じく基板温度 350℃にて非晶質シリコン膜を 3000Å 堆積した。次に、この非晶質シリコン膜は、CW Arレーザービームを走査照射する。ビームスポット径は 100μm、走査速度は 1.2m/秒 (ビームスポット径×12,000/秒)、レーザーパワー 9Wとした。

得られた多結晶シリコン膜の結晶粒子径は

実施例 1 と同じに形成した非晶質シリコン膜に、CW Arレーザービームを実施例 1 と同じく 100μm、走査速度を比較例として 0.20m/秒 (ビームスポット径 2000倍/秒) で走査照射した場合、レーザーパワーが 2.8W のとき (比較例 3)、非晶質シリコン膜は照射前より透光性が少し減少したのみで多結晶化は認められなかったがレーザーパワーが 3.1W のとき (比較例 4) は、照射表面から凝集状に変形して荒れて、透明に近く変化し、熔融状態に至ったことを示し、第 2 図に示すようにさらにガラス基板表面も凹凸状に変形を呈し、かつ部分的にはマイクロクラックの発生も認められた。

該非晶質シリコン膜の膜厚を 5000Å とした場合、CW Arレーザービームを実施例 1 と同じ条件 (ビームスポット径 100μm、走査速度 1.2m/秒、レーザーパワー 9W) で照射したところ (比較例 5)、第 3 図に示す如く、多結晶シリコン膜に多数のボイド及びボイドを連接するキレッツの発生がみられた。このとき、

0.2 ~ 3.0μm であった。このとき、暗赤色で不透明に近い非晶質シリコン膜は、レーザービームの走査照射により、淡黄色で透明に近い状態を呈した。

第 1 図はこの走査状態を示す断面図であり、1 は CW Arレーザービーム、2 は非晶質シリコン膜、3 は絶縁膜、4 はガラス基板を示しており、図の前後方向に走査することにより、非晶質シリコン膜の部分が多結晶シリコン膜 5 に結晶化しているところを示している。

比較例 1 ~ 7

これに対しレーザーパワーを 11W に増加させた場合 (比較例 1)、非晶質シリコン膜は照射後透明に近いがガラス基板上で凝集状態を示して荒れており、均質な膜状を呈していなかった。これは、熔融状態に至ったことを示す。

又、レーザーパワーを 7W とした場合 (比較例 2)、非晶質シリコン膜は照射後、照射前に比較してわずかに透光性が減少したのみで多結晶シリコン膜にはなっていなかった。

レーザーパワーを 7W とした場合 (比較例 6) は比較例 2 と同様に透光性の減少の変化を示したのみで、多結晶シリコン膜が形成されなく、11W とした場合 (比較例 7) は、比較例 1 と同様の凝集状態で荒れていることに加え、部分的には、膜の飛散も認められた。

実施例 2

このとき、非晶質シリコン膜を基板温度 500℃と高くして膜厚を同様に 5000Å とし、CW Arレーザービームを上記条件と同様のビームスポット径 100μm、走査速度 1.2m/秒で照射したところ、レーザーパワー 9W のとき、実施例 1 における 9W 照射時と同等の多結晶シリコン膜が得られたが、8W のとき比較例 2 と同様に透光性の減少の変化に止まり、10W のときは、第 3 図に示す如く、多結晶シリコン膜に多数のボイド及びボイドを連接するキレッツの発生がみられ、結果として多結晶シリコン膜を得られたが、実施例 1 に示した場合に比較して、レーザーパワーの設定マージンは小さく、かつ

温度も高くする必要があった。

〔発明の効果〕

以上の如く本発明は、ガラス基板等の絶縁性基板上的非晶質シリコン膜等の非晶質半導体薄膜に CW Ar レーザービーム等のレーザービームを走査照射する際、走査速度をビームスポット径×5000/秒以上とすることにより、非晶質半導体薄膜が完全な溶融状態に至ることなく結晶化して、安定して多結晶半導体薄膜となる様にしたこと、さらに、前記非晶質半導体薄膜の堆積膜厚を4000Å以下とすることにより、使用可能な非晶質半導体薄膜の堆積温度として500℃未満に低温化できるため、多結晶半導体薄膜を形成する基板温度として従来法に比して500℃未満のプロセス温度として低温化でき、絶縁性基板材料として通常のガラス基板が使え、又、基板サイズ的大型化にも充分対応可能となり、平面ディスプレイ装置用のアクティブマトリクス製造方法において、従来の多結晶半導体薄膜形成法によるものより、非常に優れて有用な

ものである。

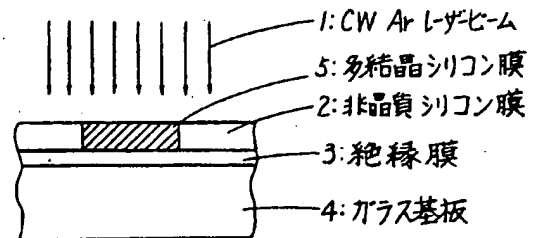
又、本発明による方法によれば、絶縁性基板上の非晶質半導体薄膜の特定の部分のみを選択的に多結晶半導体薄膜とすることが可能で、同一絶縁性基板上で非晶質半導体薄膜として用いる部分と多結晶半導体薄膜として用いる部分とを膜形成工程及びフォトリソグラフィによるパターニング工程とを別途に付け加えることなく、容易に製造可能となる。

さらに本発明による方法は、多層構造の半導体装置の製造にも適用でき、既に素子や回路を形成した半導体装置上の絶縁膜上に低温度で形成した非晶質半導体薄膜に適用し、既に形成してある下層の素子・回路に熱的なダメージを与えることなく、多結晶半導体薄膜を形成し、素子化することが可能となる。

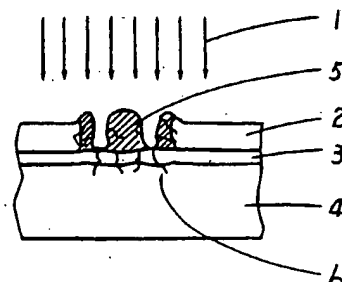
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例において非晶質シリコン膜が安定して多結晶シリコン膜となることを示す断面図。

第 1 図



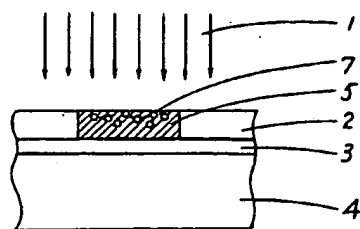
第 2 図



第2図及び第3図は比較例における多結晶シリコン膜の状態を示す断面図。

- 1 ---- CW Ar レーザービーム
- 2 ---- 非晶質シリコン膜
- 3 ---- 絶縁膜
- 4 ---- ガラス基板
- 5 ---- 多結晶シリコン膜
- 6 ---- マイクロクラック
- 7 ---- ボイド

代理人 元 橋 賢 治 外 1 名



第 3 図